



ارزیابی ریسک‌های ایمنی ایستگاه تقویت فشار گاز گچساران با کمک تکنیک FMEA

سیده رها موسوی^۱، مسعود راهبری سی سخت^۲

۱- گروه مهندسی ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE)، واحد گچساران، دانشگاه آزاد اسلامی، گچساران، ایران

۲- گروه مهندسی شیمی، واحد گچساران، دانشگاه آزاد اسلامی، گچساران، ایران.

چکیده

در این پژوهش ارزیابی ریسک‌های ایمنی ایستگاه تقویت فشار گاز گچساران با کمک تکنیک حالت FMEA مورد مطالعه قرار گرفت. بنابراین، هدف، شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک با استفاده از روش FMEA در ایستگاه تقویت فشار گاز می‌باشد. در این مطالعه‌ی برای رتبه‌بندی خطرات حالات شکست شناسایی شده در FMEA استفاده گردید. در نهایت، یک نمونه‌ی عملیاتی از ایستگاه تقویت فشار برای نشان دادن کاربرد و امکان‌سنجی مدل پیشنهادی و یک مطالعه‌ی مقایسه‌ای نیز برای تأیید قابلیت عملی بودن و اثربخشی مدل پیشنهادی انجام گرفت. ۳۵ حالت شکست اصلی در ایستگاه تقویت فشار شناسایی گردید. خرابی اسلیو رگلاتور، خرابی شیر اطمینان و پارگی دیافراگم رگلاتور رتبه‌های اول، دوم و سوم اولویت ریسک را به خود اختصاص دادند. نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که رویکرد پیشنهادی از پایداری مناسبی برخوردار می‌باشد و فقط حالت شکست افزایش دمای شعله‌ی هیتر نسبت به تغییر وزن معیارها بسیار حساس می‌باشد. نتایج رتبه‌بندی حالات شکست ایستگاه نشان داد که تغییرات بسیاری در رتبه‌بندی حالات شکست بر اساس رویکرد پیشنهادی وجود داشت.

کلمات کلیدی: ریسک، ایمنی، ایستگاه تقویت فشار گاز، تکنیک FMEA



۱. مقدمه

ایستگاه‌های تقویت فشار دروازه شهری (CGS)، تأسیسات بسیار مهم در سیستم حمل‌ونقل گازی جهت صنایع، کارخانجات، شهرک‌های صنعتی و مصارف شهری می‌باشند. هرگونه شکست و اختلال در عملکرد چنین ایستگاه‌هایی می‌تواند عواقب فاجعه‌باری به همراه داشته باشند، بنابراین، به منظور پیشگیری از حوادث ناخواسته، انجام آنالیز ریسک تجهیزات و عملیات این قبیل ایستگاه‌ها بسیار مهم می‌باشد [۱]. آنالیز ریسک، ابزاری علمی و سیستماتیک جهت پیش‌بینی و حذف ریسک در سیستم‌های صنعتی و فرآیندی است. تکنیک‌های متفاوت برای شناسایی و ارزیابی ریسک ارائه شده است که می‌توان به تکنیک‌های آنالیز درخت علت (ETA)، آنالیز درخت خطا (FTA)، روش پاپیونی (Bow-tie)، روش هازوپ (HAZOP)، آنالیز حالت شکست و اثرات آن‌ها (FMEA) و ... اشاره کرد. روش FMEA به عنوان یکی از قابل استفاده‌ترین روش‌های تحلیلی شناخته شده است که می‌تواند در صورت تعریف، شناسایی و رفع شکست‌های متعدد سیستم قبل از هر رخدادی مورد استفاده قرار گیرد [۲]. این ابزار اساساً برای تجزیه و تحلیل کیفی استفاده می‌شود که سیستم‌ها یا زیرسیستم‌ها را برای شناسایی خطاهای احتمالی اجزای سیستم بررسی می‌کند و سعی می‌کند اثرات خطاهای احتمالی را بر سایر اجزای سیستم ارزیابی کند [۳]. علاوه بر این، این روش به اولویت‌بندی شناسایی شکست‌ها و پیشگیری از وقوع حوادث احتمالی آن‌ها کمک می‌کند. اولویت‌بندی شکست‌ها بر اساس مقدار پارامترهای ریسک، شامل وقوع (O)، شدت (S)، کشف (D) و شاخصی است که عدد اولویت ریسک (RPN) نامیده می‌شود. پارامتر O نشان‌دهنده احتمال وقوع، پارامتر S نشان‌دهنده شدت و پارامتر D نشان‌دهنده احتمال کشف شکست قبل از هر وقوع است [۴]. از حاصل ضرب مقادیر پارامترهای ریسک، مقدار RPN یک حالت شکست خاص محاسبه می‌شود. علاوه بر تمام مزایای FMEA، این روش به دلایل مختلف مورد انتقاد قرار گرفته است. یکی از عیوب آن، عدم ارزیابی دقیق پارامترهای ریسک (شدت، وقوع و کشف) است که دلیل آن عمدتاً به خاطر تخصص، دانش و تجربه‌ی کارشناسان با توجه به سوابق متفاوت آن‌هاست؛ بنابراین، باید به دنبال رویکردهایی بود که بتواند کمبود روش FMEA را جبران کند و قابلیت ارزیابی و رتبه‌بندی حالات شکست را بر اساس سه ریسک فاکتور مرتبط تقویت کند. امروزه سازمان‌ها تلاش می‌کنند مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست، سیستم مناسبی برای حفظ و ارتقای محیط کار سالم بدون هیچگونه حادثه، آسیب و آلودگی ایجاد کنند. سیستم مدیریت HSE ابزاری است برای کنترل و بهبود عملکرد بهداشت، ایمنی و محیط کار در کلیه برنامه‌های توسعه‌ای صنعتی و غیرصنعتی. در واقع سیستمی ادغام یافته و یکپارچه است که کلیه منابع انسانی، تجهیزاتی و مالی در حمایت از یکدیگر برای تأمین سلامت و محیطی عاری از هرگونه حادثه و آسیب به کار می‌گیرند. امروزه ایجاد محیطی ایمن که در آن تمامی عوامل آسیب‌رسان شناسایی، ارزیابی، حذف یا کنترل گردیده تا سلامت افراد و تأسیسات را تضمین نماید از اولویت‌های مدیریت‌های صنعتی می‌باشد، علم ایمنی نیز همانند نگرش سنتی به ایمنی عکس‌العملی بوده است یعنی تا هنگامی که حوادث رخ نمی‌داد مدیران به فکر یافتن اشکالات و رفع آن‌ها بر نمی‌آمدند [۵]. در دهه‌های اخیر ملاحظات وجدانی و اخلاقی صاحبان صنایع در کنار الزامات قانونی و تعهدات بیمه‌ای، توجه به علم ایمنی را در جایگاهی ویژه قرار داده است. در این میان از تأثیر زیاد ایمنی بر سودآوری و افزایش رقابت با همکاران نیز نباید غافل شد. بنابراین توجه به ایمنی با نگرش پیشگیرانه نسبت به حوادث به خصوص در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی که پتانسیل بالایی جهت ایجاد سوانح انسانی و زیست‌محیطی دارند، محور توجه قرار گرفته است. صنعت گاز در ایران به دلیل وجود ذخایر عظیم گازی در این کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۶].

۲. روش تحقیق

این مطالعه‌ی توصیفی تحلیلی در سال ۱۴۰۲ در ایستگاه تقویت فشار گاز گچساران انجام گرفت. در ابتدا، مشخصات ایستگاه و تجهیزات اصلی آن ارائه و در ادامه مفاهیم پایه روش‌های FMEA و در انتها مراحل رویکرد پیشنهادی این مطالعه آورده شده است.



- مشخصات ایستگاه

منطقه نفت خیز گچساران نخستین بار در فاصله سال‌های ۱۳۰۲ و ۱۳۰۳ توسط کنسرسیوم داری مورد مطالعه قرار گرفت. در سال ۱۳۱۰ عملیات حفاری در این میدان، برای چندمین بار از سر گرفته شد و پس از حفر چاه‌های متعدد در لایه آسماری، سرانجام استخراج نفت از میدان گچساران در سال ۱۳۱۸ توسط چاه شماره ۱۳ گچساران آغاز گردید. هدف از تأسیس ایستگاه فشار ضعیف:

(۱) تثبیت فشار چاه‌های نفت

(۲) جلوگیری از آلودگی محیط زیست

(۳) مایع‌گیری از گاز

حدود ۴۶۰ حلقه چاه نفت در ناحیه گچساران وجود دارد. نفت استخراجی از این چاه‌ها توسط لوله‌های انتقالی نفت پس از Mix شدن به واحد بهره برداری فرستاده می‌شود در واحد بهره برداری نفت را وارد Separator کرده و نفت و گاز را از هم جدا می‌کنند. گاز خروجی از Separator را گاز مرحله اول بهره برداری می‌نامند. نفت خروجی از Separator در واحد بهره برداری وارد سه Bank به شماره‌های A، B و C می‌گردد در این مرحله نیز نفت و گاز را از هم جدا می‌کنند. گاز خروجی از Bank (A)، را گاز مرحله دوم بهره برداری می‌نامند. و گاز‌های خروجی از Bank (B) و Bank (C) را به ترتیب گاز مرحله سوم و گاز مرحله چهارم بهره برداری می‌نامند. گاز‌های مراحل اول، دوم، سوم، چهارم بهره برداری با هم Mix شده و در مجموع گاز بهره برداری را تشکیل می‌دهند. در واحد بهره برداری پس از انجام عملیات مختلف بر روی نفت آن را به پالایشگاه جهت پالایش و تولید فرآورده‌های متنوع نفتی پمپ می‌کنند. همچنین گاز بهره برداری با فشار ۰.۳۸ bar به ایستگاه فشار ضعیف فرستاده می‌شود. گاز دیگری که به ایستگاه فشار ضعیف وارد می‌شود گاز چاه نفت نام دارد و گازی است که از چاه‌های نفت توسط لوله‌ای مختلفی پس از Mix شدن با هم و تشکیل یک Line وارد ایستگاه می‌شود این گاز با فشار ۵ تا ۴.۵ bar وارد ایستگاه فشار ضعیف می‌شود و در قسمتی از ایستگاه وارد لخته گیر شده و لخته‌های نفت که همراه این گاز وجود دارد گرفته می‌شود. این دو گاز (گاز مرحله بهره برداری و گاز چاه‌ها) خوراک ایستگاه فشار ضعیف را تشکیل می‌دهند این دو گاز ابتدا باید با هم Mix شده و سپس عملیات مختلف بر روی آن انجام گیرد اما به دلیل وجود اختلاف فشار زیاد بین گاز‌های فوق شرایط Mix شدن را ندارد. پس باید ابتدا هم فشار شوند و سپس با هم Mix شوند. برای این کار ابتدا گاز بهره برداری با فشار ۰.۳۸ bar و دمای ۳۰ درجه سانتی گراد وارد Scraber 202,204 شده و مایعات احتمال آن را جدا می‌کنند.

برای افزایش فشار گاز در ایستگاه فشار ضعیف از دو کمپرسور به نام‌های A به ظرفیت ۵۰ mft³ و کمپرسور B با ظرفیت ۵۳ mft³ استفاده می‌شود کمپرسور B دو مرحله‌ای می‌باشد B₁ و B₂ گاز واحد بهره برداری با فشار ۰.۳۸ bar وارد کمپرسور A شده و با فشار ۴.۵ bar و دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد خارج می‌شود دمای این گاز پس از خروج از کمپرسور توسط Air cooler به ۶۰ درجه سانتی گراد کاهش می‌یابد. حال این گاز با گاز واحد بهره برداری هم شده و با آن Mix می‌شود و سپس با فشار ۴.۵ bar و دمای ۲۸۰ درجه سانتی گراد وارد کمپرسور B₁ می‌شود. گاز با فشار ۱۹ bar و دمای ۱۴۵ درجه سانتی گراد از کمپرسور B₁ خارج شده و مایعات احتمالی آن گرفته می‌شود سپس با همان فشار ۱۹ bar و دمای ۲۵۰ درجه سانتی گراد وارد کمپرسور B₂ می‌شود و با فشار ۴۰ bar و دمای ۱۲۶ درجه سانتی گراد از آن خارج می‌شود. گاز فوق با دمای ۲۵۰ درجه سانتی گراد وارد Airciller شده و دمای آن به ۶۰ درجه سانتی گراد کاهش می‌یابد و از آنجا وارد مخزن سه فاز^۱ می‌شود. در این مخزن آب شور و هیدروکربن‌های سنگین از گاز جدا شده و سپس گاز برای نم زدایی وارد برج تماس می‌شود.

^۱- Threephase

این برج دارای ۷ سینی از نوع bubble cap tray می باشد. برای رطوبت زدایی از تری اتیل گلیکول استفاده می شود. تری اتیل گلیکول از بالای برج وارد شده و در تماس با گاز بخار آب موجود در گاز را می گیرد. گاز خروجی به واحد تصفیه گاز (NGL 1200) منتقل می شود. گلیکول اشباع (حاوی بخار آب) از پائین برج جهت احیاء به سیستم بازیابی و تغلیظ گلیکول فرستاده می شود. در این مرحله گلیکول پس از احیاء به مخزن نگهداری گلیکول انتقال می یابد و مجدداً جهت رطوبت زدایی گاز از آن استفاده می کنند.



شکل (۱): نمودار بلوکی ایستگاه تقویت فشار گاز گچساران

- روش FMEA

یک تیم عملیاتی متشکل از متخصصان مرتبط با تحقیق شامل کارشناسان واحد ایمنی و بهداشت، عملیات، ابزار دقیق و تعمیر و نگهداری تشکیل و شناسایی حالات شکست تجهیزات ایستگاه بر اساس روش FMEA صورت گرفت. در جلسه اول، دیاگرام‌های فرایند پروسه، لوله‌کشی و ابزار دقیق بررسی گردید و تجهیزات اصلی ایستگاه، خطوط ورودی و خروجی و همچنین دستگاه‌های متصل به آن‌ها شناسایی گردید و در مرحله بعد شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی شکست‌ها با روش FMEA انجام گرفت. روش FMEA فرایند بررسی هر چه بیشتر اجزاء، مجموعه‌ها و زیر سیستم‌ها برای شناسایی حالات شکست احتمالی در یک سیستم و علل و اثرات آن است. برای هر جزء، حالات شکست و اثرات ناشی از آن بر بقیه سیستم در یک کاربرگ FMEA ثبت گردید. این روش، یکی از اولین تکنیک‌های بسیار ساختارمند و سیستماتیک برای آنالیز شکست می‌باشد. در این روش، بعد از شناسایی شکست‌ها، درجه‌بندی معیارهای شدت، احتمال رخداد و کشف بر اساس جدول (۱) تعیین و در نهایت عدد اولویت ریسک یا RPN از حاصل ضرب شدت، احتمال و قابلیت کشف محاسبه گردید.



جدول (۱): درجه بندی معیارهای شدت، احتمال رخداد و کشف برای شناسایی خطرات در FMEA

معیار	رتبه	میزان	شرح
شدت	۱	هیچ	بدون اثر
	۲	خیلی جزئی	اثر خیلی جزئی دارد
	۳	جزئی	اثر جزئی دارد
	۴	خیلی کم	وخامت خیلی کم ولی بیشتر افراد آن را احساس می کنند مثل نشت گاز
	۵	کم	وخامت کم مثل ضرب دیدگی
	۶	متوسط	وخامت متوسط مثل شکستگی و مسمومیت غذایی
	۷	زیاد	وخامت زیاد مثل آتش گرفتن تجهیزات، سوختگی بدن
	۸	خیلی زیاد	وخامت جبران ناپذیر مثل از دست دادن یک عضو بدن
	۹	خطرناک با هشدار	وخامت تأسف بار اما همراه با هشدار
	۱۰	خطرناک بدون هشدار	وخامت تأسف بار مثل خطر مرگ، تخریب کامل
احتمال رخداد	۱	بعید (نامحتمل)	کمتر از ۱ در ۱۵۰۰۰۰۰۰
	۲	خطرات نسبتاً نادر	۱ در ۱۵۰۰۰۰۰۰
	۳	خطرات کم	۱ در ۱۵۰۰۰۰
	۴	نسبتاً کم	۱ در ۲۰۰۰
	۵	متوسط	۱ در ۴۰۰
	۶	نسبتاً زیاد	۱ در ۸۰
	۷	زیاد	۱ در ۲۰
	۸	شکست های مکرر	۱ در ۸
	۹	خیلی زیاد	۱ در ۳
	۱۰	بسیار زیاد	۱ در ۲ یا بیش از آن
قابلیت کشف (ردیابی)	۱	تقریباً حتمی	تقریباً به طور حتم با کنترل های موجود ردیابی می شود
	۲	خیلی زیاد	به احتمال خیلی زیاد با کنترل های موجود ردیابی می شود
	۳	زیاد	به احتمال زیاد با کنترل های موجود ردیابی می شود
	۴	نسبتاً زیاد	به احتمال نسبتاً زیاد با کنترل های موجود ردیابی می شود
	۵	متوسط	در نیمی از موارد محتمل است که با کنترل های موجود ردیابی شود
	۶	کم	احتمال کمی دارد که با کنترل های موجود ردیابی شود
	۷	خیلی کم	احتمال خیلی کمی دارد که با کنترل های موجود ردیابی شود
	۸	ناچیز	احتمال ناچیزی دارد که با کنترل های موجود ردیابی شود
	۹	خیلی ناچیز	احتمال خیلی ناچیزی دارد که با کنترل های موجود ردیابی شود
	۱۰	مطلقاً هیچ	هیچ کنترلی وجود ندارد و یا در صورت وجود قادر به ردیابی نیست



۳. نتایج و بحث

- نتایج ارزیابی ریسک

ابتدا حالات شکست ایستگاه CGS با استفاده از روش FMEA شناسایی گردید. به طوری که برای رگولاتور، فیلتر، هیتر، سیستم بودار کننده، شیر اطمینان، شیر قطع کن، گیج، خط لوله، کنتور و شیرآلات به ترتیب ۷، ۵، ۶، ۳، ۳، ۱، ۳، ۲ و ۲ شکست و در مجموع ۳۵ حالت شکست اصلی شناسایی گردید و بعد بر اساس جدول شماره ۱ برای هر حالت شکست، مقدار شدت، احتمال رخداد و کشف، تعیین و از حاصل ضرب شدت، احتمال و قابلیت کشف، مقدار RPN محاسبه گردید و بر اساس عدد محاسبه شده، اولویت بندی حالات شکست صورت گرفت (جدول (۲)).

جدول (۲): اولویت بندی نهایی حالات شکست تجهیزات ایستگاه تقویت فشار بر اساس روش FMEA

نوع تجهیز	حالت شکست	شدت	رخداد	کشف	RPN	اولویت بندی
رگلاتور	حالت شکست ۱: از کار افتادن	۶/۹	۵/۲	۴	۱۴۳/۵	۱۲
	حالت شکست ۲: ارتعاش	۴/۸	۳/۹	۵	۹۳/۶	۲۳
	حالت شکست ۳: شکست در بسته شدن	۶/۲	۴/۱	۳/۸	۹۶/۶	۲۲
	حالت شکست ۴: پارگی دیافراگم	۸/۸	۵/۱۵	۳/۸	۱۷۲/۲	۳
	حالت شکست ۵: خوردگی قطعات رگلاتور	۴/۱	۴/۲	۵	۸۶/۱	۲۵
	حالت شکست ۶: خرابی اسلیو	۸/۸	۶/۹	۳/۱	۱۸۸/۲	۱
	حالت شکست ۷: خرابی اورینگ	۶/۲	۳/۸۵	۳/۱	۷۴	۲۹
فیلتر	حالت شکست ۱: از کار افتادن	۵/۸	۴/۹	۶	۱۷۰/۵	۴
	حالت شکست ۲: پر شدن مش	۶/۲	۴	۳	۷۴/۴	۲۸
	حالت شکست ۳: کثیف شدن فیلتر	۴/۵	۵	۳	۶۷/۵	۳۰
	حالت شکست ۴: خوردگی قطعات فیلتر	۵	۳/۸	۵/۲	۹۸/۸	۲۰
	حالت شکست ۵: پارگی کارتریج	۴/۵۵	۴	۳	۵۴/۶	۳۴
هیتر	حالت شکست ۱: از کار افتادن	۶/۸	۵	۴/۸	۱۶۳/۲	۶
	حالت شکست ۲: دمای زیاد شعله	۶/۲	۵/۵	۴	۱۳۶/۴	۱۳
	حالت شکست ۳: شکست در راه اندازی	۴/۵	۵/۶	۳	۷۵/۶	۲۷
	حالت شکست ۴: خوردگی قطعات هیتر	۵	۳/۸۵	۵	۹۶/۳	۲۳
	حالت شکست ۵: خرابی تیوپ هیتر	۹	۴/۲	۴	۱۵۱/۲	۸
	حالت شکست ۶: اتصال الکتریکی	۵/۹	۴/۵	۵	۱۳۲/۸	۱۴
سیستم بودار کننده	حالت شکست ۱: عملکرد نامناسب پمپ تزریق	۵	۶/۸	۳	۱۰۲	۱۸
	حالت شکست ۲: تنظیم نشدن دستگاه تزریق	۵/۹	۴	۴	۹۴/۴	۲۴
	حالت شکست ۳: خرابی فیلتر	۹	۴/۱	۴	۱۴۷/۶	۱۰
شیر اطمینان	حالت شکست ۱: از کار افتادن	۹	۴/۲	۳	۱۱۳/۴	۱۶
	حالت شکست ۲: خرابی واشر	۹	۵	۴/۲۵	۱۵۳	۷
	حالت شکست ۳: خوردگی قطعات	۵	۳/۸۵	۵/۱	۶۹/۹	۲۱
شیر قطع کن	حالت شکست ۱: از کار افتادن	۶/۹	۵	۵	۱۷۲/۵	۳
	حالت شکست ۲: خرابی واشر	۷	۴/۱	۴/۳	۱۲۳/۴	۱۵
	حالت شکست ۳: خوردگی قطعات	۵	۳/۸۵	۵/۲	۱۰۰/۱	۱۹
گیج	حالت شکست ۱: نمایش غلط (خطای اندازه گیری)	۵	۵	۳	۶۰	۳۳
خط لوله	حالت شکست ۱: خوردگی لوله	۵	۳/۸۶	۵/۳	۱۰۲/۳	۱۷
	حالت شکست ۲: شکست اتصالات	۹	۳/۹	۴/۲	۱۴۷	۱۱
	حالت شکست ۳: گرفتگی لوله	۵/۹	۴/۲	۳/۲	۷۹/۳	۲۶
کنتور	حالت شکست ۱: از کار افتادن	۴	۳/۸۵	۴	۶۱/۶	۳۲
	حالت شکست ۲: نمایش غلط (خطای اندازه گیری)	۴	۳/۷	۳	۴۴/۴	۳۵
شیر (ولو)	حالت شکست ۱: از کار افتادن	۷	۵/۹	۴	۱۶۵/۲	۵
	حالت شکست ۲: خرابی قطعات شیر	۸/۸	۴/۲	۴	۱۴۷/۸	۹



جدول (۲) نیز نتایج رتبه‌بندی حالات شکست اصلی ایستگاه را با استفاده از رویکرد ترکیبی پیشنهادی و روش FMEA نشان می‌دهد که نتایج گویای آن است که تغییرات بسیاری در رتبه‌بندی شکست‌ها بر اساس رویکرد پیشنهادی با روش FMEA مشاهده می‌گردد و فقط در سه حالت شکست، خرابی اسلیو رگلاتور، پارگی دیافراگم رگلاتور و از کار افتادن شیر (ولو) نتایج یکسانی از هر دو روش مشاهده گردید. بهبود ارزیابی و اولویت‌بندی حالات شکست با استفاده از روش FMEA مبتنی بر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در یک ایستگاه تقویت فشار گاز می‌باشد. در مجموع ۱۰ تجهیز ایستگاه شامل رگلاتور، فیلتر، هیلتر، سیستم بودار کننده، شیر اطمینان، شیر قطع‌کن، گیج، خط لوله، کنتور و شیر (ولو) مورد ارزیابی قرار گرفت و در مجموع ۳۵ حالت شکست شناسایی گردید. مدل پیشنهادی نسبت به روش FMEA برتری داشت. اول، نشان داد که بین رتبه‌بندی ارائه شده توسط روش FMEA و رویکرد پیشنهادی، تغییرات بسیاری وجود داشت (جدول (۴-۵)). دلیل این رتبه‌بندی‌های ناسازگار، عمدتاً به اهمیت نسبی معیارهای شدت، احتمال رخداد و کشف در محاسبه RPN و وزن معیارها مربوط می‌شود که در آن تغییرات در رتبه‌بندی ارائه شده برای حالات شکست در رتبه‌بندی FMEA لحاظ نشده است. همچنین، در عدد اولویت ریسک، مجموعه‌های مختلف شدت، احتمال رخداد و کشف ممکن است مقدار RPN یکسانی داشته باشند اما در رتبه‌بندی بر اساس رویکرد پیشنهادی متفاوت باشند؛ بنابراین با توجه به این شکاف عمیق، رویکرد جدید می‌تواند این مشکل را با ارائه رتبه‌بندی دقیق برای هر حالات شکست و متمایز کردن نتایج به خوبی حل کند. نتایج ارائه شده در جدول (۲) نشان می‌دهد که با وجود برخی تفاوت‌ها در حالات شکست رتبه‌بندی، بالاترین حالات شکست همچنان حالت شکست اسلیو رگلاتور است که نتایج به دست آمده از رویکرد پیشنهادی را تأیید می‌کند. رویکرد پیشنهادی اجازه می‌دهد تا علل ریشه‌ای برخی از شکست‌های تجهیزات را شناسایی کرده تا به اهداف اصلی پروژه دست یافت و ارزیابی ریسک را به طور مناسب‌تر و دقیق‌تر انجام داد. بر اساس نتایج وزن‌دهی کارشناسان، ریسک فاکتور شدت ریسک از اولویت بالاتری نسبت به ریسک فاکتورهای احتمال و قابلیت کشف برخوردار است که نشان دهنده اهمیت این معیار برای کارشناسان است. یکی از دلایل بالا بودن مقدار، اهمیت ریسک فاکتور شدت نسبت به سایر ریسک فاکتورها، بالا بودن وخامت صدمات و خسارات ناشی از بروز حوادث در این ایستگاه می‌باشد. از سوی دیگر، ریسک فاکتور احتمال، به دلیل شیوع زیاد حوادث ناشی از تجهیزات ایستگاه در رتبه دوم قرار داشت. همچنین دلیل پایین بودن اهمیت ریسک فاکتور قابلیت کشف نسبت به دو ریسک فاکتور دیگر بر اساس نظر متخصصین، مجهز بودن این تجهیزات به وسایل شناسایی خطر و همچنین بازدیدهای منظم از تجهیزات ایستگاه می‌باشد. به همین دلیل فاکتور قابلیت کشف کمترین وزن را به خود اختصاص داده است.

جدول (۲): مقایسه رتبه‌بندی حالات شکست بر اساس روش FMEA و رویکرد پیشنهادی

نوع تجهیز	حالات شکست	روش FMEA	رویکردهای پیشنهادی
رگلاتور	حالت شکست ۱: از کار افتادن	۱۲	۷
	حالت شکست ۲: ارتعاش	۲۳	۳۵
	حالت شکست ۳: شکست در بسته شدن	۲۲	۲۰
	حالت شکست ۴: پارگی دیافراگم	۳	۳
	حالت شکست ۵: خوردگی قطعات رگلاتور	۲۵	۳۰
	حالت شکست ۶: خرابی اسلیو	۱	۱
	حالت شکست ۷: خرابی اورینگ	۲۹	۱۱
فیلتر	حالت شکست ۱: از کار افتادن	۴	۲۸
	حالت شکست ۲: پر شدن مش	۲۸	۱۶
	حالت شکست ۳: کثیف شدن فیلتر	۳۰	۱۷
	حالت شکست ۴: خوردگی قطعات فیلتر	۲۰	۳۲
	حالت شکست ۵: پارگی کارتریج	۳۴	۲۵
هیتر	حالت شکست ۱: از کار افتادن	۶	۱۸
	حالت شکست ۲: دمای زیاد شعله	۱۳	۱۹
	حالت شکست ۳: شکست در راه‌اندازی	۲۷	۹
	حالت شکست ۴: خوردگی قطعات هیتر	۲۳	۳۱
	حالت شکست ۵: خرابی تیوب هیتر	۸	۱۳
	حالت شکست ۶: اتصال الکتریکی	۱۴	۲۷
سیستم بودار کننده	حالت شکست ۱: عملکرد نامناسب پمپ تزریق	۱۸	۴
	حالت شکست ۲: تنظیم نشدن دستگاه تزریق	۲۴	۲۳
	حالت شکست ۳: خرابی فیلتر	۱۰	۱۲
شیر اطمینان	حالت شکست ۱: از کار افتادن	۱۶	۲
	حالت شکست ۲: خرابی واشر	۷	۱۴
	حالت شکست ۳: خوردگی قطعات	۲۱	۳۳
شیر قطع کن	حالت شکست ۱: از کار افتادن	۳	۲۶
	حالت شکست ۲: خرابی واشر	۱۵	۲۴
	حالت شکست ۳: خوردگی قطعات	۱۹	۳۴
گیج	حالت شکست ۱: نمایش غلط (خطای اندازه‌گیری)	۳۳	۲۱
خط لوله	حالت شکست ۱: خوردگی لوله	۱۷	۲۹
	حالت شکست ۲: شکست اتصالات	۱۱	۸
	حالت شکست ۳: گرفتگی لوله	۲۶	۱۰
کنتور	حالت شکست ۱: از کار افتادن	۳۲	۲۲
	حالت شکست ۲: نمایش غلط (خطای اندازه‌گیری)	۳۵	۶
	حالت شکست ۱: از کار افتادن	۵	۵
شیر (ولو)	حالت شکست ۲: خرابی قطعات شیر	۹	۱۵

بر اساس نتایج، حالت شکست ارتعاش رگلاتور در رتبه آخر قرار گرفت. نقض ارتعاش به دلیل افزایش دبی گاز، فرسودگی قطعات، عدم مهار مناسب خطوط و عدم فونداسیون مناسب ایجاد می‌شود.



۴. نتیجه گیری

روش FMEA به عنوان یکی از قابل استفاده ترین روش های تحلیلی شناخته شده است که می تواند در صورت تعریف، شناسایی و رفع شکست های متعدد سیستم قبل از هر رخدادی مورد استفاده قرار گیرد. در این پژوهش ارزیابی ریسک های ایمنی ایستگاه تقویت فشار گاز گچساران با کمک تکنیک حالت FMEA مورد مطالعه قرار گرفت. ۳۵ حالت شکست اصلی در ایستگاه تقویت فشار شناسایی گردید. خرابی اسلیو رگلاتور، خرابی شیر اطمینان و پارگی دیافراگم رگلاتور رتبه های اول، دوم و سوم اولویت ریسک را به خود اختصاص دادند. نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که رویکرد پیشنهادی از پایداری مناسبی برخوردار می باشد و فقط حالت شکست افزایش دمای شعله ی هیتز نسبت به تغییر وزن معیارها بسیار حساس می باشد. نتایج رتبه بندی حالات شکست ایستگاه نشان داد که تغییرات بسیاری در رتبه بندی حالات شکست بر اساس رویکرد پیشنهادی وجود داشت.

منابع

- [۱] پردل یعقوب، کتابون ورشوساز، منصوره دهقانی. (۱۳۹۳). ارزیابی ریسک زیست محیطی ایستگاه تقویت فشار گاز پتاه ۳ و ۲ در مرحله بهره برداری با استفاده از روش AHP، دومین همایش ملی و تخصصی پژوهش های محیط زیست ایران، انجمن ارزیابان محیط زیست هگمتانه، صفحه ۲۱-۱.
- [2] Tixier, J., Dusserre, G., Salvi, O., Gaston, D., Review of 62 risk analysis methodologies of industrial plants. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 15, NO. 4, pp. 291-303, 2002.
- [3] Dennis, P., Nolan, P. E., Application of HAZOP and What-If safety reviews to the petroleum, New Jersey, USA, petrochemical & chemical industries, 1994.
- [4] Guideline for Hazard Evaluation Procedure, Center for Chemical Process Safety, Wiley Interscience, New York, 2008.
- [13] Keletz, T., Hazop and Hazan, 4th ed., Taylor and Francis, 1999.
- [5] Casal, J., Evaluation of the effects and consequences of major accidents in industrial plants, Vol. 8, 2007.
- [6] Handbook Failure Frequencies, LNE Department, Environment and Energy Policy Unit, Safety Reporting Division, 2002.